Beiträge

zur

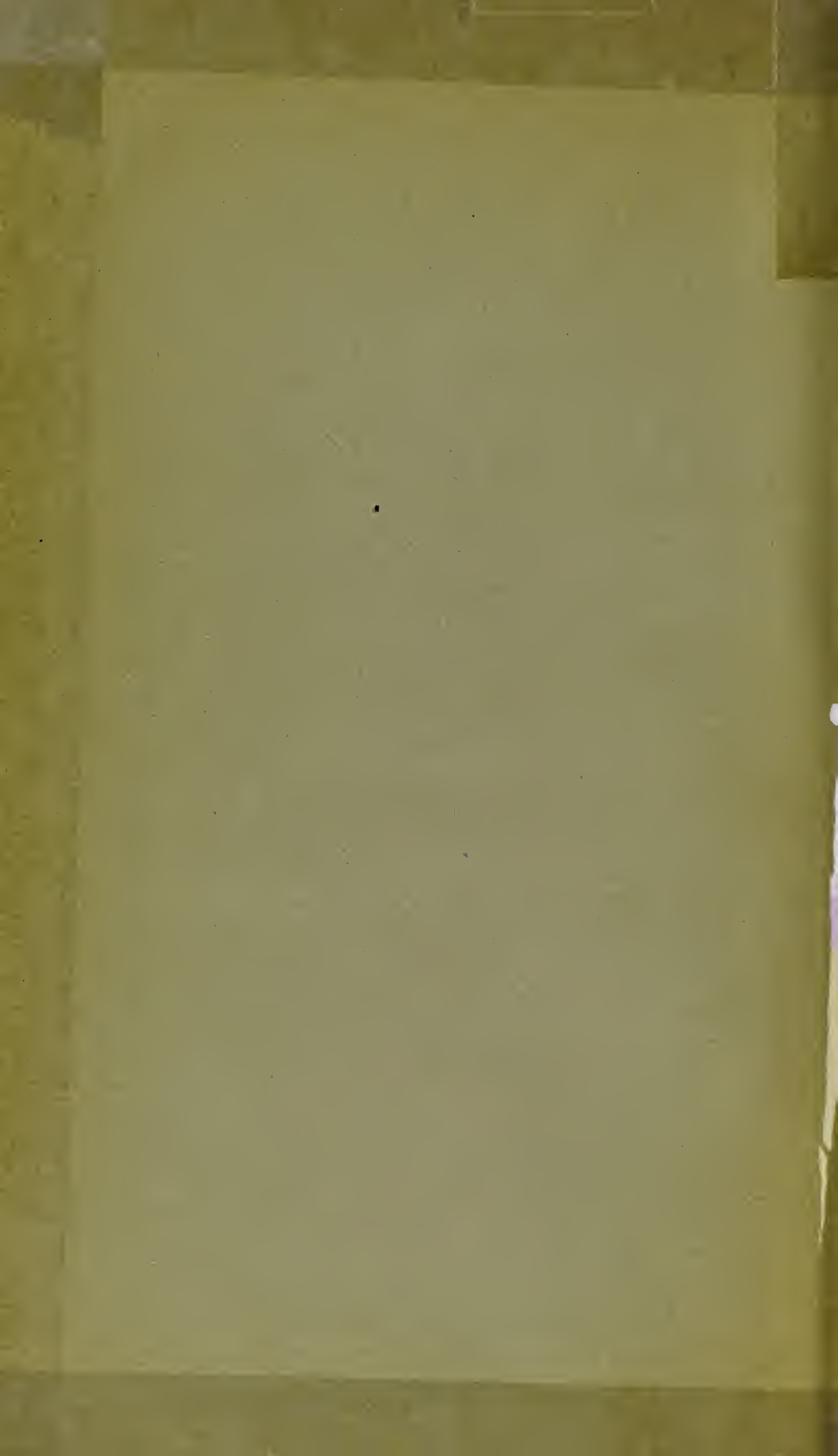
Entwickelungsgeschichte

der

Farrnkräuter.

Von

Dr. L. Kny.



Beiträge

zur

Entwickelungsgeschichte

der

Farrnkräuter.



Von

Dr. L. Kny.







I. Entwickelung des Vorkeimes von Osmunda regalis. L. [1])

1) Bau der Sporen.

Die reifen Sporen von Osmunda regalis zeigen, wenn frisch aus dem Sporangium entnommen und in Wasser untersucht, nahezu regelmässige Kugelgestalt. (Taf. I., Fig. 1.) Ihre Membranen sind wasserhell und durchscheinend. Auf drei, am Scheitel zusammenlaufenden flachen Kanten, welche den Berührungslinien mit je zweien ihrer Schwestersporen innerhalb der Mutterzelle entsprechen, erheben sich niedrige, bis fast zum Aequator verlaufende Leisten. Mit Ausnahme dieser drei Linien ist die Oberfläche der Exine überall mit kleinen, wellig hervortretenden Prominenzen bedeckt. Bisweilen sind dieselben im Grundriss kreisrund; meist sind sie länglich, gewunden und dabei nicht selten verzweigt. Beiderlei Formen kommen auf derselben Spore fast immer nebeneinander vor. (Taf. I., Figg. 1 u. 2).

Die Differenzirung der Sporenhaut in eine äussere und innere Membran ist ohne Anwendung von Reagentien nicht deutlich erkennbar; dagegen tritt die Anordnung des Inhaltes bei der Farblosigkeit der Exine sehr klar hervor. Auffallend ist der reiche Gehalt an Chlorophyll (Taf. I., Fig. 1). Dasselbe ist in wolkigen Massen um den centralen, als heller Fleck erscheinenden Zellkern versammelt und strahlt von hier an mehreren Punkten gegen die Peripherie der Sporenzelle aus, ohne dieselbe indess zu erreichen.

---

1) Gegenwärtige Untersuchung wurde auf Anregung meines Freundes, des Herrn Prof. Dr. Milde in Breslau unternommen. Am 21. Januar 1868 gab ich der Gesellschaft Naturforschender Freunde in Berlin einen kurzen Bericht über die gewonnenen Resultate. Eine Uebersicht derselben findet sich in Milde's Monographia generis Osmundae p. 49 abgedruckt.

Die zwischenliegenden Parthieen des Inhaltes und der Wandbeleg sind farblos.

Uebt man auf reife Osmundasporen einen allmälig gesteigerten, zuletzt ziemlich energischen Druck mit dem Deckglase, so platzen sie, meist an den durch die drei vorspringenden Leisten bezeichneten Linien, und der zähe protoplasmatische Inhalt tritt als wurstförmige Masse aus dem Spalt hervor. Nur selten fand ich das Chlorophyll schon in deutlich umschriebenen Körnern darin vor; ihre Form war dann gewöhnlich elliptisch, mit lang ausgezogenen Enden. In der grossen Mehrzahl der Fälle bildete es amorphe, wolkige Massen (Taf. I., Fig. 2). Ausserdem enthält das Protoplasma noch eine grosse Zahl farbloser, glänzender Tröpfchen, welche unter Einwirkung von Kalilauge, Schwefelsäure, Alkohol und Aether zu grösseren Tropfen zusammenfliessen und sich bei Behandlung mit den letztgenannten Reagentien noch überdiess grün färben. Eine Lösung durch Alkohol und Aether wurde nicht beobachtet. Es bleibt also unentschieden, ob der Stoff wirklich den fetten Oelen angehört, denen er sich durch sein optisches Verhalten nähert. Stärke konnte ich nie mit Sicherheit nachweisen.

Bei aufmerksamer Durchmusterung des durch Druck befreiten Sporeninhaltes gelingt es nicht selten, den in der unverletzten Spore als heller Fleck sichtbaren Zellkern wiederzufinden. Derselbe stellt ein zart contourirtes Bläschen von kugeligem oder eiförmigem Umriss dar; sein grösster Durchmesser ist 2—4 mal kleiner, als der der Spore. Mitten im feinkörnigen Inhalt tritt ein grosses kugeliges Kernkörperchen sehr deutlich hervor. Die beschriebenen Verhältnisse sind besonders klar, wenn man den Zellkern durch Zusatz verdünnter Jodlösung schwach braun färbt. (Taf. I., Fig. 2.)

Schwefelsäure von mässiger Concentration giebt der Exine eine intensiv rothbraune Färbung, welche bei längerer Einwirkung des Reagens (16 Stunden) in eine schwärzlich violette übergeht. Eine innere Schicht derselben grenzt sich dabei in scharfen Contouren nach aussen und nach innen gegen die Intine ab, welche ihrerseits nicht deutlich hervortritt. Die Prominenzen gehören, wie man jetzt erkennt, allein der Aussenschicht der Exine an. Legt man Osmundasporen in concentrirte Schwefelsäure, so sieht man die Aussenhaut der Exine ausserordentlich stark, bis zum vollständigen Verschwinden der äusseren Contour, aufquellen und dabei fast augenblicklich eine blassere Färbung annehmen.

Die Innenhaut ist resistenter und behält ihre dunkler rothbraune bis violette Färbung längere Zeit bei.

Concentrirte Kalilauge ertheilt der Exine eine lebhaft goldgelbe Färbung; dabei quellen deren Häute weniger stark, als in Schwefeläure, während die Intine sammt dem Zellinhalt bedeutend an Volumen zunimmt und häufig als geschlossene Blase aus einem klaffenden Riss der Exine hervortritt. Wäscht man solche Präparate vorsichtig aus und fügt nun concentrirte Schwefelsäure zu, so sieht man die goldgelbe Färbung der Exine durch schmutzigweiss in bräunlich-roth übergehen und überzeugt sich nun, dass die intensiver gefärbte, beiderseits scharf contourirte Innenschicht wirklich der Exine angehört, was vorher zweifelhaft geblieben war.

Die warzenförmigen Prominenzen der Aussenhaut bleiben selbst bei Kochen in Aetzkali unverändert.

Eine Blaufärbung der Intine konnte weder durch Chlorzinkjodlösung noch durch Jod und Schwefelsäure erreicht werden.

Alte Sporen von Osmunda zeigen ein von den frischen sehr abweichendes Aussehen. Ihr Inhalt ist geschrumpft und die Membran an einem, seltener an mehreren Punkten gleichzeitig eingesunken. Die ölartigen Tröpfchen sind im Innern der Spore zu einem oder mehreren grösseren Tropfen zusammengeflossen; ein Theil derselben ist durch die Membran hindurchgetreten und hängt den Warzen der Exine an. Die Zeichnungen und Angaben Fischer's von Waldheim (Jahrbücher für wissensch. Botanik IV. p. 372ff. Taf. 27, Fig. 28—39) beweisen, dass er nicht mit frischem Material gearbeitet hat. Seine Beschreibung ist desshalb in vielen Punkten verfehlt.

Die Grösse der Sporen ist sehr verschieden. Nach einer grossen Zahl von Messungen schwankt der Durchmesser zwischen 0,0868 und 0,0491 Mm., gewöhnlich beträgt er 0,061—0,078 Mm.

Die Sporen von Osmunda spectabilis, welche ich ebenfalls frisch untersuchte, stimmen in Form, Grösse und chemischem Verhalten mit denen von Osmunda regalis genau überein.

2) Entwickelung des Vorkeimes.

Die Zartheit der Exine und der reiche Gehalt an Chlorophyll, welche die Sporen von Osmunda vor denen der Polypodiaceen auszeichnen, machten es von von vornherein wahrscheinlich, dass ihre Keimfähigkeit keine langandauernde sein werde. Um hierin sicher zu gehen, klopfte ich das reife Sporenpulver aus dem Frucht-

wedel direct auf das zur Aufnahme bereite Substrat. Als besonders geeignet erwies sich eine Mischung von Torf und Haideerde; auf ihr habe ich wedeltragende Pflänzchen bis zu ziemlicher Grösse erzogen. Die ersten Stadien der Keimung wurden auch auf Brunnenwasser und feuchtem Sande beobachtet.

Eine nothwendige Bedingung für den Eintritt der Keimung ist Licht von genügender Intensität. Wurden die Sporen auf Torf oder Wasser in möglichst vollkommene Dunkelheit gebracht, so blieben sie über eine Woche lang unverändert. Im diffusen Tageslicht traten die ersten Anzeichen der Keimung schon am zweiten Tage nach der Aussaat hervor.

Aeusserlich macht sich die Fortentwickelung der Spore durch eine Volumenzunahme des Inhaltes bemerklich, welcher die Exine nur kurze Zeit durch Dehnung zu folgen vermag. Mit Beginn des dritten Tages berstet sie, gewöhnlich genau am Scheitel, und spaltet sich, indem die drei hier zusammenlaufenden Kanten der Länge nach halbirt werden, in ebensoviele bis zum Aequator oder darüber hinausreichende Lappen. Die von der Intine umgebene Sporenzelle tritt nun in Form eines abgerundet konischen Wärzchens aus dem Spalt hervor (Taf. I., Fig. 3).

Schon zu dieser Zeit, wo die Innenzelle von der Exine noch fast allseitig umschlossen ist, tritt die erste Theilungswand in ihr auf. Dieselbe ist zur Richtung des vorhergegangenen Längenwachsthums immer genau senkrecht und trennt die warzenförmige, mit hyalinem Protoptasma erfüllte Hervorragung als *erstes Wurzelhaar von der Mutterzelle des Prothalliums* ab. In ersterem treten keine weiteren Theilungen mehr auf; dafür ist seine Längsdehnung durch Scheitelwachsthum der Membran sehr beträchtlich. In der Jugend stellt es einen wellig gebogenen, an der Spitze gerundeten Cylinder dar, welcher vom jungen Vorkeim mit verbreiterter Basis entspringt (Taf. I., Figg. 4—8); später hat es durch Anschmiegen an die Unebenheiten des Substrates seine regelmässig cylindrische Gestalt eingebüsst und ist an vereinzelten Stellen knorrig aufgetrieben (Taf. I., Figg. 16, 17).

Die Mutterzelle des Prothalliums vergrössert sich vornehmlich in Richtung ihrer Längsachse und theilt sich, bald nach ihrer Abtrennung vom ersten Wurzelhaar, durch eine horizontale, der erstentstandenen parallele Scheidewand (Taf. I., Figg. 3, 4). In jeder der beiden übereinanderliegenden Tochterzellen tritt nun fast immer je eine vertikale Wand auf; die obere Zelle eilt der unteren

hierin voraus (Taf. I., Figg. 5, 6). Der junge, eiförmige oder nahezu kreisrunde Vorkeim besteht jetzt, abgesehen vom ersten Wurzelhaar, aus vier, nach Art von Kreisquadranten zu einer Fläche geordneten Zellen. Eine der beiden oberen wird darauf meist schon jetzt, seltener erst nach vorangegangener Theilung durch eine vertikale oder horizontale Scheidewand (Taf. I., Fig. 11), zur Scheitelzelle des Vorkeimes. Die weiteren Theilungen in ihr folgen genau dem für Metzgeria und Aneura bekannten Gesetz: Die Scheidewände sind den beiden ebenen Seitenflächen abwechselnd nahezu parallel und einander stufenweise aufgesetzt. Dabei nimmt die Scheitelzelle in jeder folgenden Theilungsgeneration eine etwas spitzere Form an, die sich von der ursprünglichen eines Kreisquadranten zuletzt merklich entfernt (Taf. I., Figg. 14, 15).

Mit der wiederholten Verjüngung der Scheitelzelle halten die Theilungen in den nach rechts und links von ihr abgegliederten Randzellen nicht nur gleichen Schritt, sondern eilen ihr häufig voran. Die zuerst in ihnen entstehende Theilungswand ist stets senkrecht zu ihrer Längsachse gerichtet und der freien Aussenwand parallel; die folgenden wechseln, besonders gegen den Rand hin, meist rechtwinkelig mit einander ab (Taf. I., Figg. 9 u. ff.). Es werden auf diese Weise sanft gebogene, hinter der Scheitelzelle in spitzem Winkel zusammentreffende Zellreihen gebildet, die sich gegen den Rand des Vorkeimes fächerförmig in mehrere Reihen spalten. Die Scheitelzelle selbst kommt, bei den lebhaften Theilungen der von ihr abgetrennten Randzellen, allmälig in eine sanfte Einbuchtung zu liegen (Taf. I., Figg. 15, 16).

Die drei übrigen Quadrantenzellen des Vorkeimes, die wir einstweilen unberücksichtigt gelassen hatten, nehmen einen von der Scheitelzelle abweichenden, unter sich ziemlich übereinstimmenden Entwickelungsgang. Meist treten zuerst längsgerichtete Scheidewände in ihnen auf (Taf. I., Figg. 9, 10, 11, 13). Die weiteren Theilungen stimmen im Allgemeinen mit denen der von der Scheitelzelle abgetrennten Randzellen überein; sie sind etwas weniger zahlreich, als in diesen, das Wachsthum der Theilzellen dafür aber entsprechend intensiver. Diesem Umstande ist es zu danken, dass selbst in ziemlich entwickelten Vorkeimen sich die Entstehung der Zellgruppen aus vier Quadrantenzellen oft noch mit grosser Schärfe erkennen lässt. Das kleinzellige Gewebe der zur Scheitelzelle ersten Grades gewordenen oberen Quadrantenzelle grenzt sich gegen die grossen benachbarten Zellen, besonders nahe dem

Rande, meist sehr deutlich ab. (Taf. I., Figg. 16 u. 17, bei x und y.)

Die Scheitelzelle, welche ihrer ersten Anlage nach eine seitliche Stellung am oberen Ende des Vorkeimes einnahm (Taf. I., Fig. 14), wird sehr bald genau terminal, indem die sekundären Wurzelhaare besonders zahlreich ihr gegenüber, zuerst am Rande, später auch auf der Unterseite des auf dem Substrat sich flach niederlegenden Vorkeimes hervortreten. Jedes Wurzelhaar ist eine einfache Verlängerung der Zelle, aus welcher es seinen Ursprung nimmt. Es gliedert sich nicht, wie z. B. am Vorkeim von Aneimia, durch eine Querscheidewand von ihr ab.

Die Verjüngung der Scheitelzelle durch schiefe, einander wechselweise aufgesetzte Scheidewände ist eine begrenzte. Nachdem sich der Vorgang im jungen Vorkeim fünf bis sieben mal wiederholt hat, theilt sich die Scheitelzelle letzter Generation durch eine zu ihrer Längsachse senkrechte Scheidewand in eine Randzelle und eine Flächenzelle (Taf. I., Figg. 17, 18). Die Randzelle zerfällt darauf durch eine Längswand in zwei gleichwerthige Randzellen, welche von ihren Nachbarzellen zur Rechten und Linken in Nichts verschieden sind. Das weitere Längenwachsthum des Vorkeimes ist demjenigen der Laubachse von Pellia durchaus analog: es erfolgt durch mehrere in der Einbuchtung am Scheitel nebeneinanderliegende gleichwerthige terminale Randzellen (Taf. II., Fig. 1).

Schon zur Zeit, wo der junge Vorkeim erst aus 8—12 Zellen besteht, treten Theilungswände parallel zur Ober- und Unterseite auf, zunächst in der dem primären Wurzelhaar benachbarten Zelle und von da in weiterer Folge gegen den Scheitel hin. Die Seitenränder des Prothalliums nehmen an dieser Art der Zellbildung keinen Antheil. In der Längsachse des jungen Organes wiederholen sich die Theilungen durch horizontale Wände am häufigsten; nach beiden Seiten hin werden sie allmälig sparsamer. Es entsteht auf solche Weise eine den Vorkeim seiner ganzen Länge nach durchziehende Mittelrippe (Taf. II., Fig. 2), welche rechts und links in die einschichtige Laubfläche allmälig übergeht. An alten Vorkeimen fand ich sie bis 12 Zellschichten dick. Ihre Zellen sind in der Richtung der Längsachse des Vorkeimes stark gestreckt.

Der Vorkeim von Osmunda regalis besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, sich durch Adventivsprosse zu vermehren. Dieselben

erscheinen, besonders bei gedrängtem Wachsthum der Vorkeime, oft sehr zahlreich neben einander. Soweit meine Beobachtungen reichen, treten sie am Rande, nicht in der Mitte der Laubfläche hervor.[1]) Eine Randzelle wölbt sich über ihre Nachbarinnen deutlich nach aussen. Ihr freier äusserer Theil trennt sich entweder durch eine dem Rande parallele Wand vom inneren ab (Taf. II., Fig. 3); oder es tritt schon jetzt eine schiefe, gegen die Längsachse des zukünftigen Adventivsprosses geneigte Wand auf (Taf. II., Fig 4), deren Entstehung sonst erst den zweiten Theilungsschritt darstellt. Der ersten seitlich geneigten Wand setzt sich stets eine zweite, entgegengesetzt geneigte auf; und in der oberen Zelle, welche hierdurch die charakteristische Form einer Scheitelzelle gewinnt, wiederholt sich derselbe Vorgang in demselben Sinne mehrmals hintereinander (Taf. II., Figg. 5, 6). Indem die nach rechts und links abgegliederten Randzellen sich ihrerseits in derselben Weise theilen, wie es für den Hauptspross des Vorkeimes angegeben wurde, verbreitert sich die Basis und besonders der obere Theil des Adventivsprosses und letzterer erhält eine dem Hauptspross ähnliche Form; nur ist sein Vorderrand meist weniger gebuchtet (Taf. II., Fig. 7). Auch im Adventivspross erreicht die Verjüngung der Scheitelzelle gesetzmässig ihren Abschluss; auch hier geschieht diess, indem statt einer schiefen eine zur Längsachse des Sprosses senkrechte, dem Vorderrand parallele Scheidewand sich bildet, der sich sofort eine Längswand rechtwinkelig aufsetzt. Das weitere Längenwachsthum findet ganz ebenso durch mehrere gleichwerthige terminale Randzellen statt, wie im Hauptspross des Vorkeimes (Taf. II., Figg. 7, 8). Durch Theilungen parallel zur Laubfläche bildet sich auch in den Adventivzweigen eine Mittelrippe aus. Dass sich dieselbe an die Mittelrippe des primären Vorkeimes durch nachträgliches Dickenwachsthum der zwischenliegenden Parthie des Randes ansetzte, wie dies an der Frons von Metzgeria zuweilen der Fall ist[2]), habe ich nie beobachtet. Häufig dagegen sah ich Adventivsprosse im Begriffe, sich von ihrem Muttersspross abzulösen, um sich selbstständig fortzuentwickeln.

1) Nur ein einziges Mal sah ich aus der unteren Seite der Mittelrippe eines schon erwachsenen Vorkeimes einen Spross parallel dem Hauptspross hervortreten, dessen Seitenränder an der Mittelrippe flügelartig herabliefen. An letzterer hatten sich zwischen den beiden parallelen Laubflächen zahlreiche Archegonien entwickelt. Die Entstehungsart dieser Abnormität ist mir unbekannt.

2) Hofmeister, Vergleichende Untersuchungen p. 22 unten.

Das Chlorophyll, welches in der reifen Spore den centralen Zellkern in amorphen, wolkigen Massen umgab (Taf. I., Fig. 1), sondert sich aus dem Protoplasma schon im ersten Stadium der Keimung in Form ovaler Körner aus. Anfangs ist ihre Contour gegen den farblosen Theil des Inhaltes nicht sehr deutlich abgegrenzt; später ist sie scharf gezeichnet. Im jungen Vorkeim, solange derselbe noch wenigzellig ist, sieht man das Protoplasma in Form von Schleimsträngen, die sich verzweigen und mit einander anastomosiren können, vom centralen Kern gegen den geschlossenen Wandbeleg ausstrahlen. In diesen Strängen bilden die Chlorophyllkörner perlschnurartige Reihen (Taf. I, Fig. 8). An älteren Vorkeimen findet sich diese Anordnung des Zellinhaltes nur in solchen Zellen wieder, welche noch in lebhafter Theilung begriffen sind, wie am eingebuchteten Vorderrande und an der Ober- und Unterseite der Mittelrippe; doch hat der Zellkern in letzterem Falle eine wandständige Lage angenommen und die chlorophyllführenden Protoplasmastränge strahlen nur einseitig von ihm aus. In den älteren Flächenzellen des Vorkeimes ist das Protoplasma auf einen continuirlichen Wandbeleg reduzirt, welchem sämmtliche Chlorophyllkörner in einfacher Schicht eingebettet liegen. Jedes Chlorophyllkorn hat die Form einer planconvexen Linse angenommen, deren gekrümmte Fläche dem Innenraum der Zelle zugekehrt ist. Meist sind sie so zahlreich im Wandbeleg vorhanden, dass sie sich an ihren Rändern gegenseitig polygonal abplatten.

Ihre Theilungen halten mit der Ausdehnung der Zelle gleichen Schritt, so dass sie den Primordialschlauch fast überall lückenlos auskleiden. Die Anordnung der Theilkörner ist dabei eine durchaus regellose, da sich die aus wiederholter Zweitheilung nach derselben Richtung hervorgegangenen Reihen gegenseitig verschieben und durchbrechen. Desto leichter ist es, eine Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Theilungsrichtungen in solchen Zellen nachzuweisen, deren Chlorophyll sich, bei beschränktem Lichtzutritt, nur sparsam bildet. Diese Bedingung ist bei solchen Vorkeimen erfüllt, welche sehr gedrängt neben einander wachsen. Am Grunde der einschichtigen Laubfläche sind die Zellen hier stark in die Länge gedehnt und zeigen ihre Chlorophyllkörner gewöhnlich in Form verzweigter, mit einander anastomosirender Reihen angeordnet (Taf. III., Fig 9). Häufig sind diese Reihen durch gegenseitige Stauung mehrfach gebogen. Da, wo sie auf

weitere Strecken regelmässig und ungehindert verlaufen, überzeugt man sich leicht, dass sie nach Art der Zellreihen eines Nostoc durch intercalare Theilungen, welche alle in demselben Sinne erfolgen, in die Länge wachsen, nebenbei aber das Vermögen selbstständiger Verzweigung besitzen. Einzelne Chlorophyllkörner verlängern sich, statt in Richtung der Hauptachse der ganzen Reihe, in einem rechten oder spitzen Winkel zu ihr. Der Verlängerung folgt sehr bald eine ringförmige Einschnürung senkrecht zur Wachsthumsrichtung. Hiermit ist die erste Anlage zu einer Zweigreihe gegeben, deren weitere Entwickelung mit derjenigen der Hauptreihe vollkommen übereinstimmt[1]) (Taf. III., Fig. 9). Von der eben beschriebenen echten Verzweigung sind nachträgliche Verbindungen von Chlorophyllreihen wohl zu unterscheiden. Beide kommen häufig genug neben einander vor.

3) Entwickelung der Antheridien.

Antheridien erschienen schon fünfzig Tage nach der Sporen-Aussaat in grösserer Zahl am Grunde der Vorkeime. Die meisten entspringen auf der Unterseite der Laubfläche, mit Ausschluss der Mittelrippe; doch treten sie auch am Rande stets sehr zahlreich auf (Taf. III., Fig. 1). Für das Studium der Entwickelung sind letztere besonders geeignet.

Eine der Randzellen wölbt sich über ihre Nachbarinnen nach aussen und theilt sich durch eine dem Rande parallele Scheidewand. Die äussere der beiden Zellen ist die Mutterzelle des Antheridiums. In ihr tritt zunächst eine schiefe Scheidewand auf, welche sich der letztentstandenen in seichter, nach innen gekrümmter Bogenlinie aufsetzt und gegen die Längsachse geneigt ist; alsbald folgt ihr eine entgegengesetzt geneigte, ebenfalls nach innen concave Wand. Beide nach aussen abgetrennte Zellen sind bestimmt, sich an der Zusammensetzung der Antheridium-Wandung zu betheiligen. Die innere und gleichzeitig obere theilt sich nun durch ein auf der Längsachse des Antheridiums annähernd senkrechte, nach seiner Basis concav gekrümmte Scheidewand, welche sich den beiden erstentstandenen allseitig ansetzt, in die

1) Reihen von Chlorophyllkörnern mit echter Verzweigung habe ich auch in den Oberhautzellen der Wedel von Osmunda regalis, in den Zellen des Vorkeimes mehrerer Polypodiaceen und besonders schön im Blatt von Isoëtes Malinverniana beobachtet.

Centralzelle und die Deckelzelle. Die Centralzelle wird durch eine Reihe von Theilungen, in welchen es mir nicht gelingen wollte, eine bestimmte Regel zu finden, zu den Specialmutterzellen der Spermatozoiden. Die Deckelzelle zerfällt in drei bis vier Zellen, welche annähernd in gleicher Richtung über den Scheitel des Antheridiums hinweglaufen. Sie setzen, da die beiden unteren Wandzellen, wie ich gefunden, stets ungetheilt bleiben, die Antheridienwandung zum grösseren Theil zusammen (Taf. III., Fig. 2, 3); durch späteres ungleichmässiges Flächenwachsthum erhalten sie meist wellige Contouren.

Während die Centralzelle und alle aus ihr hervorgehenden Zellgenerationen durch reichen Gehalt an trübem, körnigem Protoplasma ausgezeichnet sind, füllen sich die Zellen der Wandung zum grösseren Theil mit wässrigem Zellsaft. Doch bleibt der Zellkern, welcher der nach innen gekehrten Membran platt anliegt, bis nach dem Bersten des Antheridiums deutlich sichtbar.

Auch die aus Flächenzellen hervorgegangenen Antheridien werden zum grösseren Theil durch Theilungen nach zwei Richtungen angelegt. Oft sieht man sehr deutlich, wie eine der beiden unteren Wandzellen die andere mit ihren Rändern umfasst und wie beide um die Centralzelle (oder deren Theilzellen) zusammenschliessen. Doch glaube ich mich in mehreren Fällen mit Bestimmtheit überzeugt zu haben, dass in der Antheridium-Mutterzelle hier auch Theilungen nach drei Richtungen auftreten können. Die successiven Wände divergiren dann in Winkeln von 120°.

Ueber den Bau und die Bewegung der Spermatozoiden werde ich bei anderer Gelegenheit Näheres mittheilen.

4) Entwickelung der Archegonien.

Archegonien sah ich erst 14 Tage nach den ersten Antheridien auftreten. Sie entstehen in grösserer Zahl (an sehr alten Vorkeimen oft zu mehreren Hunderten) auf der Unterseite der Laubfläche und bilden hier zwei parallele Längsbänder zu beiden Seiten der Mittelrippe, wo diese etwa 6—7 Zellschichten dick ist (Taf. III., Fig. 1); zwischen den beiden Archegonienreihen, genau unterhalb der Längsachse, entspringen zahlreiche Wurzelhaare, welche stets aus dem der Basis des Vorkeimes zugekehrten Theile der Aussenzellen ihren Ursprung nehmen. Im Allgemeinen erfolgt die Ent-

wickelung der Archegonien, dem Längenwachsthum des Vorkeimes entsprechend, von der Basis nach vorn, so dass nahe dem Scheitel die jüngsten Anlagen zu finden sind; doch trifft man häufig dicht neben älteren, schon abgestorbenen Archegonien noch jugendliche Entwickelungszustände.

In der Mutterzelle des Archegoniums tritt, noch ehe sie sich über ihre Nachbarinnen bedeutend hervorgewölbt hat, eine der freien Aussenfläche parallele Scheidewand auf. Während die innere der beiden Tochterzellen zunächst ungetheilt bleibt, setzt sich in der äusseren eine meist nach der Längsachse des Vorkeimes orientirte Wand der vorigen senkrecht auf. Ihr folgt beiderseits eine zur Längsachse des Vorkeimes und zur letztgebildeten Scheidewand senkrechte Membran (Taf. III., Fig. 4). Die vier nach Art von Kreisquadranten gruppirten Aussenzellen wölben sich gemeinschaftlich über die Unterseite der Mittelrippe hervor (Taf. III., Fig. 5). In jeder tritt ohngefähr gleichzeitig je eine Querwand auf, welche auf der Richtung ihres intensivsten Längenwachsthums senkrecht steht, also gegen die Längenachse des jungen Archegoniums geneigt ist (Taf. III., Fig. 6a). Indem sich diese Theilungen in der je oberen Zelle der vier Reihen mehrfach wiederholen, entsteht der Halstheil des Archegoniums (Taf. III., Fig. 7). Bei der Reife ist derselbe ohngefähr 8 Zellen hoch.

In demselben Maass, als sich die Zellreihen des Halstheiles nach oben vergrössern, weichen sie am Grunde allmälig auseinander. Es müsste hierdurch ein Intercellularraum gebildet werden, wenn nicht die Basalzelle den Zwischenraum durch entsprechendes Längenwachsthum ausfüllte. Sie drängt sich zwischen den vier Zellreihen des jungen Halstheiles aufwärts, bis sich der obere, stark verschmälerte Theil von dem unteren durch eine Scheidewand abgliedert. Diese Scheidewand, welche die Centralzelle von einer oberen Zelle abtrennt, ist, wie bei Salvinia, stark nach unten gebogen. Ihr folgt in der oberen Zelle bald eine zweite (selten noch eine dritte), ebenfalls stark nach unten convexe Wand. Damit findet die Neubildung von Zellen im Halskanal ihren Abschluss (Taf. III., Figg. 5, 6a, 7).

Die Centralzelle sowohl, als die zwei (oder drei) nach oben folgenden Kanalzellen sind durch ihren trüben, an Stärkemehl reichen Inhalt vor den sie seitlich umgebenden Zellen ausgezeichnet. Auch die eine oder zwei Zellen unterhalb der Centralzelle führen Amylon (Taf. III., Fig. 7.) In den Zellen des Halskanals

wird die Stärke, von oben nach unten fortschreitend, allmälig gelöst, ihre Membranen verflüssigt. Der Schleimstrang, welcher auf diese Weise entsteht, übt, wahrscheinlich durch gesteigerte Wasseraufnahme, einen immer bedeutenderen Druck auf den Scheitel des Archegoniumhalses, dem die sich lockernden Zellen zuletzt nicht mehr zu widerstehen vermögen. Es erfolgt plötzlich eine gewaltsame Oeffnung. Die Zellreihen des Archegoniumhalses trennen sich an der oberen Hälfte von einander und schlagen sich einzeln zurück. An der Innenseite jeder der abgerundeten Zellen ist der von grünen Körnchen umgebene Zellkern sehr deutlich sichtbar. (Taf. III., Fig 8.) Der Schleim tritt zum Theil aus der Oeffnung hervor und die Centralzelle rundet sich nach oben ab. Innerhalb derselben sieht man einen hellen Fleck im trüben, stärkehaltigen Protoplasma. Aller Wahrscheinlichkeit nach entspricht derselbe einem centralen Zellkern; ihn als Keimbläschen zu deuten, liegt nicht der geringste Grund vor.

Es war mein Wunsch, den Befruchtungsakt zu beobachten. Bei der körnigen Beschaffenheit des Inhaltes der Centralzelle und dem reichen Chlorophyllgehalt der umgebenden Zellen musste das Unternehmen leider als hoffnungslos aufgegeben werden.

Als Resultat meiner Untersuchung ergiebt sich, dass die Entwickelung des Vorkeimes von Osmunda in einigen wesentlichen Punkten von den bei den Polypodiaceen beobachteten Bildungsvorgängen abweicht.

Bei Osmunda wird, wie bei Equisetum, das primäre Wurzelhaar durch die erste in der keimenden Spore auftretende Scheidewand abgegliedert; seine Wachsthumsrichtung ist der des jungen Prothalliums genau entgegengesetzt. Am Vorkeime der Polypodiaceen dagegen ist das erste Wurzelhaar, gleich allen späteren, seitlichen Ursprungs.

Bei den Polypodiaceen und Schizaeaceen hebt die Entwickelung des Vorkeimes mit Bildung einer einfachen Zellreihe an, die, bei manchen Arten früher, bei anderen später, am Vorderende allmälig in eine einfache Zellfläche übergeht. Bei Osmunda dagegen führen schon die allerersten Theilungen zur Anlegung einer Zellfläche.

Eine der beiden oberen Quadrantenzellen des jungen Osmunda-Vorkeimes wird zur Scheitelzelle ersten Grades, die sich durch eine Reihe successiver Theilungen nach abwechselnd zwei Richtungen verjüngt. Die Polypodiaceen bieten zwar ebenfalls Beispiele für ein gesetzmässiges Längenwachsthum durch eine Scheitelzelle, wie ich mich bei Polypodium leiorrhizon, Adiantum prionophyllum, Blechnum brasiliense?, Asplenium marinum, A. caudatum, A. alatum, Aspidium melanocaulon, Microlepia trichosticha, Denstaedtia davallioides, D. tenera, Cibotium Schidei, Ceratopteris thalictroïdes und bei einer unbestimmten Species deutlich überzeugt; doch tritt dasselbe, wo es vorkommt [1]), erst in etwas späteren Entwickelungszuständen auf.

Die Verjüngung der Scheitelzelle ist eine begrenzte; sie findet ihren Abschluss im Auftreten einer Querwand, welche eine Flächenzelle von einer Randzelle abtrennt. Alles weitere Längenwachsthum des Vorkeimes wird durch die Vermehrung gleichwerthiger terminaler Randzellen vermittelt. Hierin stimmt Osmunda mit den oben genannten Polypodiaceen überein.

Charakteristisch für Osmunda ist die mehrschichtige Mittelrippe, welche den Vorkeim vom Grunde bis zum Scheitel durchzieht und beiderseits mit zahlreichen Archegonien besetzt ist. Bei den Polypodiaceen ist dieselbe auf ein (selten mehrere) Gewebepolster unterhalb der terminalen Einbuchtung des erwachsenen Vorkeimes reduzirt.

Die Entwickelung des Antheridiums ist bei Osmunda eine durchaus eigenthümliche. Die für die Polypodiaceen und Schizaeaceen charakteristischen Ringzellen [2]) fehlen hier vollständig. Die Basis der Antheridienwandung besteht aus 2 (seltener 3) Zellen, denen sich mehrere aus der Theilung der Deckelzelle hervorgegangene obere Zellen aufsetzen.

Der Bildungsgang des Archegoniums schliesst sich im Wesentlichen an den von Pringsheim für Salvinia nachgewiesenen an. Der Halskanal ist Anfangs von zwei (seltener drei) Zellen ausgefüllt, welche mit der Centralzelle gleichen Ursprung haben und ihre Querwände bei der Reife des Archegoniums verflüssigen.

---

1) Der Vorkeim von Aneimia hirta zeigt von Anfang an Marginalwachsthum.

2) cf. L. Kny: Ueber Bau und Entwickelung des Farrnantheridiums. (Monatsber. der Königl. Akad. d. W. in Berlin. Mai 1869.)

Ein besonderes Keimbläschen ist innerhalb der Centralzelle nicht vorhanden. In allen diesen Punkten stimmt Osmunda mit den Polypodiaceen[1]) überein; eigenthümlich ist nur der reiche Gehalt der Centralzelle und der ihr nach oben und unten benachbarten Zellen an Amylon.

Berlin, im Dezember 1868.

Erklärung der Figuren.

Tafel I.

Fig. 1. Reife, frisch aus dem Sporangium entnommene Spore, in Wasser; 287 m. vergr.

Fig. 2. Reife Spore, durch Druck geöffnet und mit Jodlösung behandelt, um den Zellkern deutlich zu machen; 287 m. vergr.

Fig. 3. Keimende Spore, drei Tage nach der Aussaat. Das primäre Wurzelhaar ist abgegliedert und die Mutterzelle des Vorkeimes durch eine horizontale Wand getheilt. a. in frischem Wasser; b. in Zuckerwasser; 287 m. vergr.

Figg. 4—7. Junge Vorkeime auf den frühesten Entwickelungsstufen; 112 m. vergr.

Fig. 8. Junger Vorkeim, das Exosporium am Scheitel tragend, auf Brunnwasser gezogen, 6 Tage nach der Aussaat. Die Chlorophyllkörner sind reihenförmig den vom Zellkern ausstrahlenden Protoplasmasträngen eingebettet; 287 m. vergr.

Figg. 9 und 10. Junge Vorkeime, 9 Tage nach der Ausssat. Scheitelzelle bei v; 112 m. vergr.

Fig. 11. 9 Tage alter Vorkeim mit Theilungs-Schema (b); 112 m. vergr.

Fig. 12. Gleich alter Vorkeim. a. von der Fläche; c. bei fast mittlerer Einstellung von der rechten, d. von der linken Seite gezeichnet; b. Theilungs-Schema; 112 m. vergr.

Fig. 13. 10 Tage alter Vorkeim; 112 m. vergr.

Fig. 14. 13 Tage alter Vorkeim mit Theilungsschema (b); 112 m. vergr.

Fig. 15. 22 Tage alter Vorkeim; 112 m. vergr.

Fig. 16. 23 Tage alter Vorkeim. Die Scheitelzelle (v) hat sich sechsmal verjüngt; 120 m. vergr.

Fig. 17. 23 Tage alter Vorkeim. Die Anordnung der Zellen nach vier Quadranten ist deutlich erkennbar. Der obere Quadrant, welcher zur Scheitelzelle ersten Grades wurde, grenzt sich durch seine kleineren Zellen scharf gegen das grössermaschige Gewebe der benachbarten Quadranten ab (bei x und y). Nachdem sich die Scheitelzelle fünfmal verjüngt hat, ist in derjenigen letzten Grades soeben eine Querwand aufgetreten, welche eine terminale Randzelle von einer Flächenzelle abtrennt; 120 m. vergr.

Fig. 18. Scheitelgruppe von Fig. 17 mit Theilungsschema (b); 240 m. vergr.

---

1) cf. Strassburger, die Befruchtung bei den Farrnkräutern (Mém. de l'acad. d. sc. de St. Petersb.) p. 5 ff. Die Abhandlung wurde mir erst nach Abschluss meiner Untersuchung bekannt.

Tafel II.

Fig. 1. 41 Tage alter Vorkeim. Das Längenwachsthum erfolgt durch terminale Randzellen; 92½ m. vergr.

Fig. 2. Längsschnitt durch die Mittelrippe eines 45 Tage alten Vorkeimes; 98 m. vergr.

Fig. 3. Anlage eines Adventivsprosses an einem 5½ Monate alten, Vorkeim. Die erste Wand in der Mutterzelle ist dem Aussenrande parallel; 168 m. vergr.

Fig. 4. Junger Adventivspross, wie voriger. Schon die erste Wand in der Mutterzelle ist hier schief gerichtet; 168 m. vergr.

Fig. 5. Etwas weiter entwickelter Adventivspross mit einer terminalen Scheitelzelle; 168 m. vergr.

Fig. 6. Noch weiter vorgeschrittener Entwickelungszustand; 162 m. vergr.

Fig. 7. Ziemlich erwachsener Adventivspross, dessen Scheitelzelle ihre bisherige gesetzmässige Theilung durch abwechselnd nach rechts und links geneigte schiefe Wände abgeschlossen hat. Sie ist durch eine horizontale Wand in eine Flächenzelle und eine Randzelle zerfallen, welche sich ihrerseits bereits weiter getheilt haben; 162 m. vergr.

Fig. 8. Scheitelgruppe von Fig. 7, mit Theilungsschema (b); 332 m. vergr.

Tafel III.

Fig. 1. Erwachsener, 8 Monate alter Vorkeim; 4 m. vergr.

Fig. 2. Junges Antheridium vom Rande eines Vorkeimes. Die Deckelzelle hat sich erst durch eine Wand getheilt; 332 m. vergr.

Fig. 3. Halbreifes Antheridium, von aussen gezeichnet. Die Deckelzelle ist in 4 Zellen zerfallen; 332 m. vergr.

Fig. 4. Jüngste Anlage eines Archegoniums, auf dem Längsschnitt durch einen Vorkeim. Die vier Mutterzellen des Halstheiles sind bereits gesondert; 325 m. vergr.

Fig. 5. Etwas weiter entwickelte Archegonium-Anlage. Die Mutterzellen des Halstheiles beginnen sich eben hervorzuwölben und die untere Zelle zwischen sie hineinzuwachsen; 325 m. vergr.

Fig. 6. Gruppe von zwei Archegonien, auf dem Längsschnitt durch einen 7 Monate alten Vorkeim. a. zeigt die Mutterzellen des Halskanales nach der ersten Theilung; b. ist in Folge unterbliebener Befruchtung abgestorben; die Centralzelle ist sammt dem Plasma des Ausführungskanales stark gebräunt, die oberen Zellen des Halstheiles sind desorganisirt; 325 m. vergr.

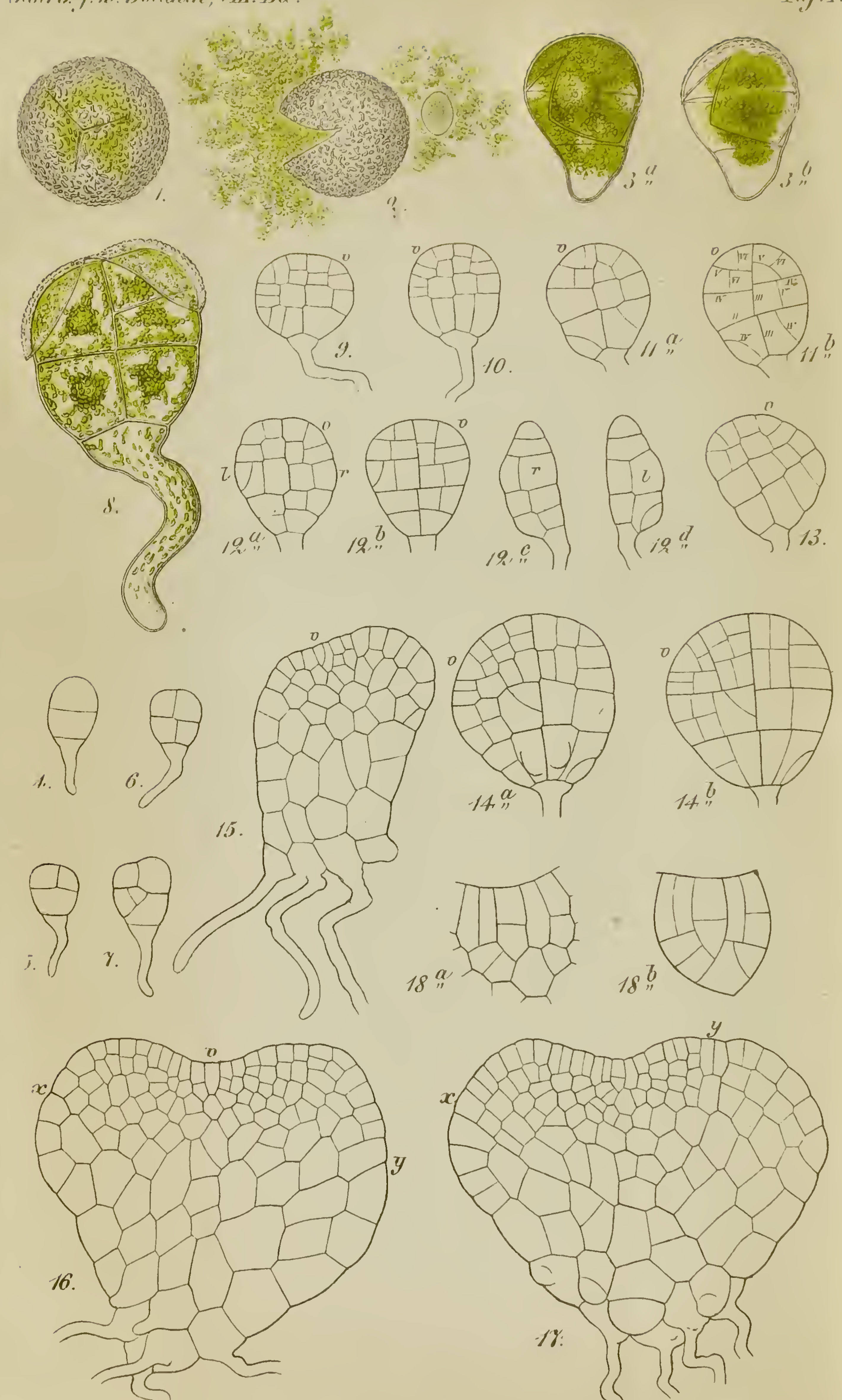
Fig. 7. Der Reife nahes Archegonium. Die Centralzelle, die unter ihr liegenden Zellen und die beiden Kanalzellen enthalten reichlich Stärke; 325 m. vergr.

Fig. 8. Reifes Archegonium, unmittelbar nach dem Aufplatzen; 325 m. vergr.

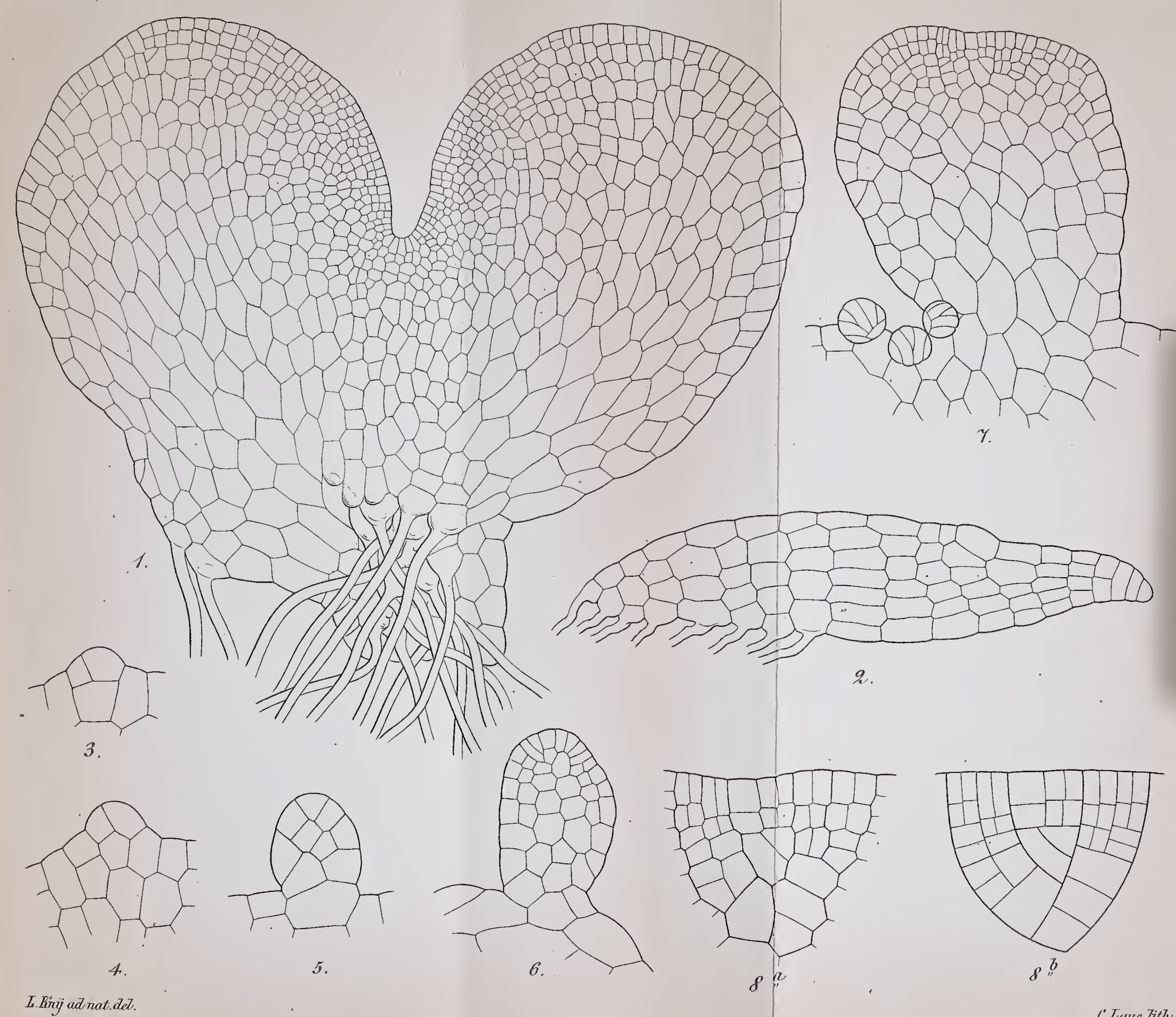
Fig. 9. Einige Zellen am Grunde eines schmächtigen, sehr gedrängt gewachsenen Vorkeimes. Die Chlorophyllkörner sind in verzweigten Reihen angeordnet; 325 m. vergr.

Druck von G. Bernstein in Berlin.





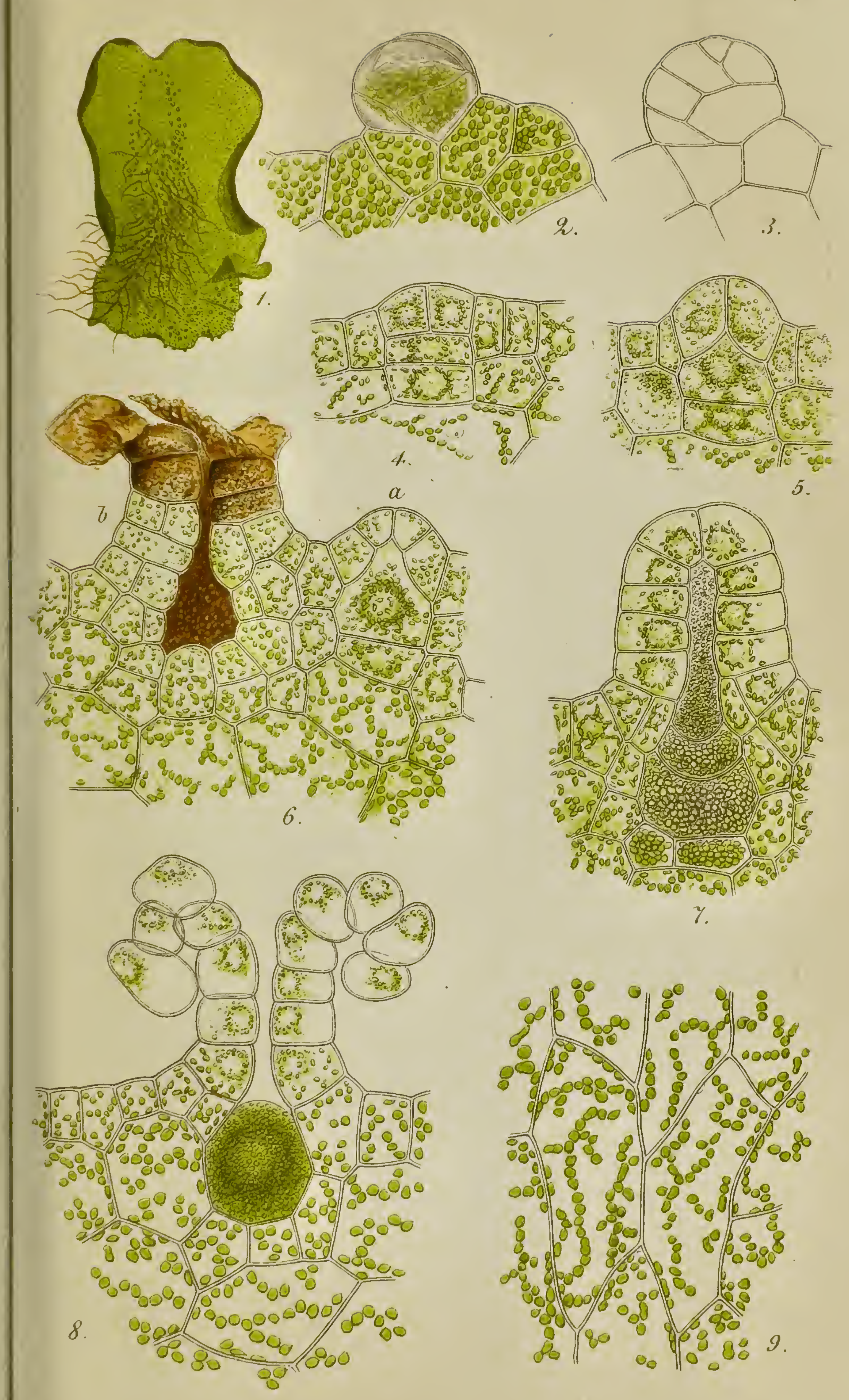
L. Kny ad nat. del.   C. Laue lith.



I. Kny ad nat. del. C. Laue lith.



OF ENGLAND
30 JAN 05
LIBRARY



Kny ad nat. del. C. Laue lith.



SURGEONS OF ENGLAND
30 JAN 06
LIBRARY